

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-074617

(43)Date of publication of application : 15.03.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/39

G01R 33/09

H01F 10/06

H01F 10/08

H01L 43/08

(21)Application number : 2000-252891

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 23.08.2000

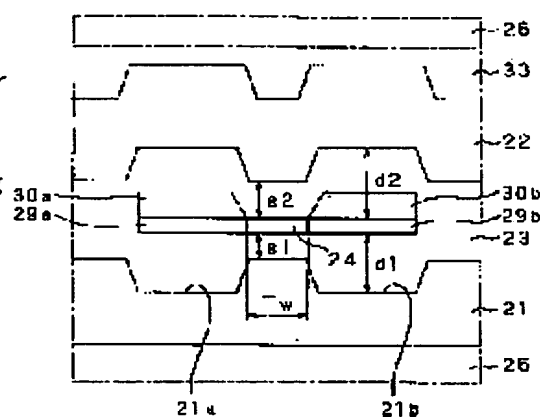
(72)Inventor : INAGUMA TERUYUKI

(54) MAGNETORESISTIVE MAGNETIC HEAD AND METHOD OF MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to appropriately apply a bias magnetic field caused by a pair of permanent magnet films to a magnetoresistive element in a structure wherein the magnetoresistive element is disposed between a pair of magnetic shielding layers through a gap layer.

SOLUTION: A magnetoresistive magnetic head 20 wherein the magnetoresistive element 24 is disposed between the pair of magnetic shielding layers 21 and 22 through the gap layer 23. The pair of permanent magnet films 29a and 29b for applying the bias magnetic field to the magnetoresistive element 24 are provided at both end parts of the magnetoresistive element 24 and the intervals between the pair of permanent magnet films 29a and 29b and the pair of magnetic shielding layers 21 and 22 are specified to be nearly equal to each other.



(19) 日本特許庁 (JP) (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-74617

(P2002-74617A)

(43) 公開日 平成14年3月15日 (2002.3.15)

(51) IntCl.	識別記号	FI	サーチコード (参考)
G11B 5/39		G11B 5/39	2G017
G01R 33/09		H01F 10/06	5D034
H01F 10/06		10/06	5E049
		H01L 43/08	B
H01L 43/08		G01R 33/06	R
		審査請求 未請求	請求項の数 6 OL (全 23 頁)

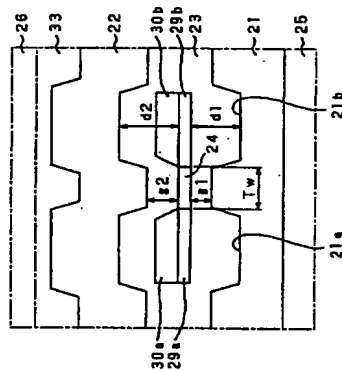
(21) 出願番号	特開2000-252891 (P2000-252891)	(71) 出願人	00002185 ソニー株式会社
(22) 出願日	平成12年8月23日 (2000.8.23)	(72) 発明者	井澤士 小池 晃 (外2名) Fターム (参考) 20017 MA10 A807 A001 A009 A055 50034 BA03 BA11 BA18 B809 CA04 DA07 5E049 MA01 MA04 MA07 MA09 MA10 AC00 AC01 BA12 BA18
		(74) 代理人	100067735 弁理士 小池 晃 (外2名)

(54) 発明の名称 磁気抵抗効果型磁気ヘッド及びその製造方法

(57) 要約

【課題】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる構造において、一对の永久磁石膜によるバイアス磁界が磁気抵抗効果素子に適切に印加されることを可能とする。

【解決手段】 一对の磁気シールド層21、22の間にギャップ層23を介して磁気抵抗効果素子24が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッド20である。そして、磁気抵抗効果素子24の両端部には、当該磁気抵抗効果素子24に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜29a、29bが配けられており、この一对の永久磁石膜29a、29bと一对の磁気シールド層21、22との間隔が略等しくされている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が配けられており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくなっていることを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項2】 上記一对の磁気シールド層のうち、下層側の磁気シールド層の上記一对の永久磁石膜に対応した位置に凹部が形成されることにより、上記一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくなっていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項3】 上記ギャップ層のうち、上層側のギャップ層の上面が平坦化されることにより、上記一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔が略等しくなっていることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項4】 凹部ドラムに搭載され、ヘリカルスキヤ方式によってテープ状の磁気記録媒体に対する番号の再生を行うことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項5】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法であって、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が形成されており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔を略等しくする際に、上記一对の磁気シールド層のうち、下層側の磁気シールド層の上記一对の永久磁石膜に対応した位置に凹部を形成することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

【請求項6】 一对の磁気シールド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法であって、

上記磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜が形成されており、この一对の永久磁石膜と上記一对の磁気シールド層との間隔を略等しくする際に、上記ギャップ層のうち、上層側のギャップ層の上面を平坦化することを特徴とする磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、ハードディスクドライブや磁気テープドライブ等に搭載され、磁気トンネル効果を利用して磁気記録媒体に対する番号の再生を行

う磁気トンネル効果型磁気ヘッド及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気抵抗効果素子（以下、MR素子という。）は、外部磁界の変化に応じて電気抵抗が変化する。いわゆる磁気抵抗効果を利用して抵抗素子の一種であり、このMR素子を磁気記録媒体からの番号磁界を検出するための感磁素子として用いた磁気抵抗効果型磁気ヘッド（以下、MRヘッドという。）が、すでに実用化されている。

【0003】 すなわち、このMRヘッドは、MR素子に対して一定の電流を流しながら、MR素子に流れる電流の電圧値が磁気記録媒体からの番号磁界に応じて変化することを利用して、磁気記録媒体に記録された番号を再生するようになされている。

【0004】 また、MRヘッドは、一般的なインダクティブ型の磁気ヘッド、すなわち磁気コアに巻線を施したタイプの磁気ヘッドとは異なり、再生出力が磁気記録媒体に対するヘッドの相対速度に依存しないといった特徴を有している。

【0005】 このため、MRヘッドは、低相対速度と異なるシステムにおいても十分な再生出力を得ることが可能であり、磁気記録媒体の異なる高密度記録化を遂行するために、今後必須のデバイスになると考えられる。

【0006】 また、このようなMRヘッドとしては、例えば図50に示すように、一对の磁気シールド層100、101の間にギャップ層102、103を介してMR素子104が配されてなる、いわゆるシールド型MRヘッドを挙げることができる。

【0007】 このシールド型MRヘッドでは、一对の磁気シールド層100、101がギャップ層102、103を介してMR素子104を挟み込むことにより、このMR素子104に対して再生対象外となる番号磁界を一对の磁気シールド層100、101に導きながら、再生対象となる番号磁界だけをMR素子104に導くことができる。

【0008】 このため、シールド型MRヘッドは、このような磁気シールド層100、101が設けられていない、いわゆるノンシールド型のMRヘッドと比較して、周波数特性が良好となり、高い読取分解能が得られるといった利点を有している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、上述したシールド型MRヘッドでは、MR素子104の動作の安定化を図るため、このMR素子104の両端部には、MR素子104にバイアス磁界を印加するための一对の永久磁石膜105a、105bが設けられている。さらに、一对の永久磁石膜105a、105b上には、MR素子104の抵抗値を低くするための低抵抗化層106a、106bが設けられている。

[0010] この場合、下層側の磁気シールド層100と一対の永久磁石105a、105bとの間隔S1より、上層側の磁気シールド層101と一対の永久磁石105cとの間隔S2よりも狭くなる。換言するところ、従来のシート型MRヘッドでは、一対の永久磁石105aが、一対の磁気シールド層100に対して非対称となる位置に配置けられていたが、本実施形態では、一対の永久磁石105a、105bが、一対の永久磁石105c、105dよりも流れる磁束の流れも非対称なものとなり、下層側の磁気シールド層100と上層側の磁気シールド層101とを区別することができるとなる。

[0011] このため、従来のシート型MRヘッドでは、このような一対の磁気シールド層100、101による不安定な出力変動が生じてしまっていた。不安定な出力変動を生じさせてしまうことがあった。

【0012】また、従来のシート型MPR[®]では、
 一对の永久磁石105a、105bからの磁界の流れ、
 非対称となるために、例えばSAL[®]による垂直方向
 のバイアス磁界が、MPR素子104により追加さ
 れるバイアス磁界が、素子104による磁界が非
 対称な素子2が予測ができます。そのSAL[®]による磁界が非
 対称に因襲なものとなってしまう。さらに、一对の永久磁
 石105a、105bによる水平方向のバイアス磁界
 105a、105bになるほどその影響が大きくなるため、設計
 上、非対称になるばいり、歩留りの低下を招いてしまうこと
 があった。

【0013】そこで、本発明はこのような従来の事情に鑑みて提案されたものであり、一対の磁気シールド層の間に磁性抵抗効果素子が配されてなる構造体において、一対の永久磁石頭によるバイアス境界に「磁気抵抗効果素子に適切に印加されることを可能とし、磁気抵抗効果素子ヘッド及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0014】
 問題を解決するための手段）この目的を達成する本発明の装置に係る磁気抵抗効果型型磁気ヘッドは、一対の磁気素子（磁気抵抗効果素子）の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果素子が配置されてなる磁気抵抗効果型磁気ヘッドである。そして、磁気抵抗効果素子の両端部には、当該磁気抵抗効果素子に対してバイアス電圧を印加するための永久磁石（永久磁石）が設けられており、この一対の永久磁石と一対の磁気抵抗効果素子との間隔が略等しくされていることを特徴としている。

【0015】この磁気圧は効果型磁気ヘッドでは、一对の永久磁石と一对の磁気シールド層との間隔が略等しくなされていることから、一对の永久磁石層によるバイアス磁界が磁気圧は効果素子に適切に印加することができ

【0016】また、本発明に係る磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法は、一対の磁気シールド層の間にギャップ層

[illegible]

【0017】この磁気抵抗効果型磁ヘッドの製造方法では、下層側の磁気シールド層に、一対の永久磁石膜により、内側部を形成することにより、一対の永久磁石膜の内側部に設けられた凹部と、凹部の間隔が略等しくされた磁気シールド層との間に、一対の永久磁石膜を配置して作製することができる。

【0018】また、本発明に用いる磁気抵抗効果型ヘッドの製造方法は、一枚の磁気ヘッド層の間にギャップ層を介して磁気抵抗効果が配されてなる磁気抵抗効果素子を用いる。磁気抵抗効果素子は、当該磁気抵抗効果素子と対応してバイアス電流を印加するための永久磁石層が形成されており、この一枚の永久磁石層と一枚の磁気ヘッド層との隙間を略等しくする際に、ギャップ層のうち、上層との隙間を略等しくするギャップ層の上面を平坦化することを特徴としている。

【0019】この磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法では、上層側のギャップ層の上面を平坦化することにより、一对の永久磁石膜と一对の磁気シールド層との間隔が略等しくされた磁気抵抗効果型磁気ヘッドを容易に作製することができる。

【0020】
【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

【0021】なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率が実際と同じであるとは限らない。

【0022】本発明の実施態様として図1に示す磁気テープ装置1は、いわゆるリカルドスキャン方式により再生・記録される磁気テープ2に対する情報の記録を再生ヘッド1と巻取り1とを備え、磁気テープ2を供給するリールと巻取りとを備え、磁気ヘッド装置3の回転とラム6が図1中央矢印方向に1と5との間で図1中央矢印方向に走行させられる、この磁気ヘッド装置3の回転とラム6が図1中央矢印方向に1と5との間で図1中央矢印方向に走行させられる、この回転とラム6に搭載された記録ヘッド7a、7b及び再生ヘッド8a、8bが磁気テープ2と接触しながら、情報の記録又は再生を行うようになされている。

【0023】また、磁気テープ装置1は、供給リール4と巻取りリール5との間に、磁気テープ2の引き回しを行うラウール9a～9gを備え、このうち、リール9oとリール9dとの間に位置して、磁気テープ2が回転ドラム6と駆動され、リール9fに掛け合わされた磁気テープ2と駆動され、リール9fに掛け合わされた磁気テープ2

2がキャブスタン10に挟み込まれながら、このキャブスタン10を回転駆動するキャブスタンモータ10aにより送り出されるようになっている。

【0024】磁気ヘッド7は、図2に示すように、回転ドラム6を図2中右矢印方向に回転駆動させる駆動用モータ11を備えている。また、この回転ドラム6の外周面8aには、記録ヘッド7a、7b及び再生ヘッド7d、7eが取り付けられている。このうち、記録ヘッド7a及び再生ヘッド8aとは、互いに180°の位相差を設けてそれぞれ対向配置されている。また、記録ヘッド7b及び再生ヘッド8bは取り付けられていない。このうち、記録ヘッド7c及び再生ヘッド8cは、互いに180°の位相差を設けてそれぞれ対向配置されている。また、記録ヘッド7d及び再生ヘッド8dは、互いに180°の位相差を設けてそれぞれ対向配置されている。また、記録ヘッド7e及び再生ヘッド8eは、その記録ギャップ及び再生ギャップの向きが磁気テープの走行方向と略等しい方向にそれぞれ傾いており、これにより、磁気テープの走行方向と略等しい方向にそれぞれ傾いた状態で再生される。

【0025】また、磁気ヘッド装置3は、回転ドラム6の外周面6aと連続した外周面12aを形成する固定ドラム12を備えており、磁気テープ2が、この固定ドラム12のリードガイド12bに沿って、図2中央印Aの方向に斜めに走行しながら、固定ドラム12の外周面12a及び回転ドラム6の外周面6aに、例えば略180°に亘って隔動するようになされている。

【0056】以上のように構成される磁気テープ装置では、記録時に、磁気テープ2に対して、一方の記録ヘッド7aが、記録磁道に印字したデータを印字しながら所定のトラッキング幅で記録トラックを形成し、他の記録ヘッド7bが、このトラッキング幅で記録トラックを形成し、他の記録ヘッド7a、7bが、この記録トラックに隣接して、記録磁道に印字したデータを印字しながら所定のトラッキング幅で記録トラックを形成する。そして、これら記録ヘッド7a、7bが、この記録トラックに対して繰り返し記録トラックを形成する。磁気テープ2に対して繰り返し記録トラックを形成する。磁気テープ2に対して繰り返し記録トラックを形成することになる。

【0027】一方、磁気テープ装置1では、再生時に、磁気テープ装置2に対して、一方の再生ヘッド8aが、一方の記録ヘッド7aが記録した記録トラックから信号世界を出力する。一方、再生ヘッド8bが、他方の記録ヘッド7bが記録した記録トラックから信号世界を出力する。そして、これら再生ヘッド8a、8bが記録トラックから取り返した信号世界を出力することによって、この磁気テープに記録された信号を連続的に再生することになる。

【0028】ところで、この空気ヘッド部33において、空気ヘッド8は、図6及び図4に示すように、本発明を適用した空気抵抗低減型空気ヘッド20（以下、MRヘッド20）と、図7に示すように、従来の空気抵抗低減型空気ヘッド20（以下、MR素子20）とが配列されている。このMRヘッド20とMR素子20との構成を以下に説明する。

面図である。

【0029】具体的に、このMRヘッド20は、上述した各種構成要素が例えばメカニカルな方法や、スパッタ法等で形成された膜により、第1の基板25上に積層されており、この形成の際に、第1の基板25に、第2の基板26が貼付合され、また、MRヘッド20は、その凸部形状が略長方形形状とされておき、この媒体駆動面20aの平面形状が略長方形形状とされており、この媒体駆動面20aが、図3中矢印Aに示す磁気テープ2の走行方向に沿って略円型収束の曲線を描いている。また、MRヘッド20において、上述した各構成要素が媒体駆動面20aから外方に延びる上面と側面に一面を構成している。

【0030】このMRヘッド20において、一枚の磁気シールシート層21、22は、MR素子24を磁気的にシールドするものとして十分に幅をもち、ギャップ層23からなり、磁気素子24を挟み込むことにより、磁気素子24からなり、再生対象外の境界がMR素子24に引き込まれないように機能する。すなわち、このCMRへヘッド20では、MR素子22に対して再生対象外の信号が再生対象外の境界が一枚の磁気シールシート層21、22に導かれ、再生対象外の境界が一枚の磁気シールシート層21、22に導かれる。これにより、MR素子24の両端特性及び読み取り分解能の向上が図られる。

【0031】ギヤップ層23は、MR素子24と一対の磁気シールド層21、22との間を磁気的に隔離しておいて、21、22と一対の磁気シールド層21、22との間隔g1、g2が、いわゆるギヤップ長となる。21、22との間隔g1、g2が、この一対の磁気シールド層21、22とMR素子24との間隔g1、g2は、互いに等しい間隔とされている。

【0032】MR素子24は、外部磁界の変化に応じて電氣抵抗が変化する、いわゆる磁氣抵抗効果を利用した一定のセンス電流を供給しながら、このセンス電流の電圧変化を検出するものであり、このMR素子24に対して一定の電圧変化を検出することにより、磁氣テープ2に記録された信号を読み取るようになされている。

【0033】また、このMR素子24の動作の両端部には、この両端部を向って、MR素子24の電流方向の両端部には、この両端部を向って、MR素子24にバイアス電圧を加えるための一対の永久磁石29a、29bが設けられている。そして、この永久磁石29a、29bに挟み込まれた一対の永久磁石29a、29bに挟み込まれた部分の幅が、MR素子24の生体トラック幅T_wとなる。【0034】また、一対の永久磁石29a、29b上には、このMR素子24の抵抗値を減少させるための底層抵抗化膜30a、30bがそれぞれ設けられている。【0035】さらに、MR素子24には、このMR素子24にトンネル電流を供給するための導体部31a、31bがあり、その一端側をそれぞれ一対の永久磁石29a、29b及び底層抵抗化膜30a、30bに接続され、かつ他端部から延びており、この導体部31a、31bの

他導部側には、外部回路と接続される外部接続用端子32a、32bがそれぞれ設けられている。

【0036】なお、第1の基板25上には、このMRヘッド20全体を外部と遮断するための保護層33が、外部接続用端子32a、32bが外部に露出部分を除いて形成されている。そして、第1の基板25には、このMRヘッド20の外部接続用端子32a、32bが外部に露出するように第2の基板26が貼り合わされている。

【0037】なお、上述したMRヘッド20において、図3及び図4は、特徴をわかりやすく図示するために、このMR素子24の周辺を拡大して図示しているが、実際には、MR素子24は、第1の基板25及び第2の基板26と比べると非常に微細である。第1の基板25の磁気テープ2が走行する方向の長さ、例えば0.8mm程度とされ、MR素子24の磁気テープ2が走行する方向の長さは、例えば5μm程度とされる。したがって、このMRヘッド20において、媒体移動面20aとなるのは、ほとんど第1の基板25及び第2の基板26の上の領域だけである。

【0038】以上のように構成されるMRヘッド20は、上述した再生ヘッド8a、8bとして、回転ドラム6の外周面6aに、その再生ギャップが磁気テープ2の走行方向と略垂直な方向に対してアジマス角θに並び斜めとなるように配置される。そして、このMRヘッド20は、磁気テープ2に対して斜めに移動しながら、この磁気テープ2に記録された信号を再生することとなる。

【0039】具体的に、このMRヘッド20を用いて磁気テープ2に対する信号の再生を行う際には、MR素子24に対して所定の電圧を印加する。このとき、MR素子24に流れるセンス電流のコンダクタンスが、磁気テープ2の記録トラックに記録された信号境界に応じて変化する。このため、MRヘッド20では、MR素子24に流れるセンス電流の電圧値が変化することとなり、このMR素子24の電圧値の変化を検出することによって、記録トラックに記録された信号を検出することとなる。

【0040】ところで、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2を略等しくするために、一対の磁気シールド層21、22のうち、下層側の磁気シールド層21の一対の永久磁石29a、29bに対応した位置に、図4に示すような凹部21a、21bが形成されている。また、この凹部21a、21bは、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状と略一致した形状となるように、下層側の磁気シールド層21の一対の永久磁石29a、29bに対応した位置に所定の深さで形成されている。

【0041】すなわち、このMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21に、このような凹部21a、2

1bが形成されることにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2とが略等しい間隔とされている。また、このMRヘッド20では、このような凹部21a、21bが形成されることにより、下層側の磁気シールド層21のMR素子24と対向する側の面形状と、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状とが互いに略対称な形状とされている。

【0042】これにより、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bから流れる磁束の流れを略均一化することができ、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁束をMR素子24に適切に印加することができ、したがって、このMRヘッド20では、バクハウゼンノイズ（以下、BH Nという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。

【0043】また、この一対の永久磁石29a、29bによる水平方向のバイアス磁界は、例えばMR素子24に対して磁束方向のバイアス磁界を印加するSAL層にも影響を及ぼしており、このSAL層に印加される水平方向のバイアス磁界も略均一化することから、SAL層のバイアス設計、すなわちSAL層の厚さの設計も単純化することができ、したがって、このMRヘッド20では、SAL層による磁束方向のバイアス磁界も安定したものとなり、出力波形の非対称性（アジメトリ）を抑制することができ、安定した出力波形を得ることができ。

【0044】なお、このMRヘッド20では、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が、MR素子24と一対の磁気シールド層21、22との間隔g1、g2よりも大とされている。

【0045】これにより、このMRヘッド20では、一対の磁気シールド層21、22における磁束変動の影響がMR素子24へ伝播されるのを防ぐことができ、出力の安定化を図ることができ。

【0046】次に、上述したMRヘッド20の製造方法について詳細に説明する。

【0047】なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすく図示するために、図3及び図4と同様に、特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各部材の寸法の比率が実際と同じであるとは限らない。また、以下の説明では、MRヘッド20を構成する各部材並びにその材料、大きさ及び厚さ等について具体的な例を挙げるが、本発明は以下の例に限定されるものではない。例えば、以下の説明では、ハードディスク装置等で実用化されているものと同様な構造を有する、いわゆるシールド型のSAL (Soft Adjacent Layer) バイアス方

式のMR素子を用いた例を挙げますが、バイアス方法は、この例に限定されるものではない。また、より大きな出力が得られる、スピントラル効果の巨大磁気抵抗効果（Giant Magnetoresistance）を利用したMR素子等を用いてもよい。

【0048】このMRヘッド20を製造する際は、先ず、図5及び図6に示すように、例えば4インチ程度の円盤状の基板40を用意し、この基板40の表面に対し鏡面研磨加工を施す。この基板40は、最終的にMRヘッドの第1の基板25となるものであり、その材料には、高硬度の磁性材料を用いる。具体的には、例えばAl₂O₃-TiC（アルチタック）、α-Fe₂O₃（α-ヘマタイト）、Ni-Znフェライト等が好適である。なお、図6は、図5中に示す線分X1-X1' による縦断断面図である。

【0049】次に、図7及び図8に示すように、基板40上に、下層側の磁気シールド層21となる第1の磁性層41をリフトオフ法により形成する。なお、図8は、図7中に示す線分X2-X2' による縦断断面図である。

【0050】具体的に、先ず、図9に示すように、基板40の全面に、下層側の磁気シールド層21に対応した開口部42aを有する第1のレジストパターン42を形成する。このとき、第1のレジストパターン42は、開口部42aにおいて、下層側が上層側よりも後退した逆テーパ型となることが好ましい。

【0051】この第1のレジストパターン42の開口部42aを逆テーパ型とする場合には、逆テーパ用のレジスト材料、例えば、ZPN-1100（日本ゼオン社製）や、AZ5214E（クラリアント社製）等を用いて、通常のレジスト膜と同様にブリークし、露光を行った後、110℃の温度で加熱して反転ベークを行う、過大露光（反転露光）を行う。また、逆テーパ型の第1のレジストパターン42を形成する際は、上述した逆テーパ用レジスト材料毎に推奨されている手法を用いてもよい。

【0052】また、この第1の磁性層41を形成する際は、図9に示すような逆テーパ型の第1のレジストパターン42の代わりに、図10に示すような2層構造を有する第2のレジストパターン43を基板40上に形成してもよい。

【0053】この第2のレジストパターン43は、第1のレジスト膜43aと第2のレジスト膜43bとが順次積層されてなり、下層側の磁気シールド層21に対応した開口部43aを有するともに、この開口部43aにおいて、第1のレジスト膜43aがこの上に形成された第2のレジスト膜43bよりも後退した形状を有している。

【0054】この2層構造を有する第2のレジストパターン43を形成する場合には、第1のレジスト膜43a

として、通常の放射防止膜用の材料、例えばARC（Bar over Science社製）を用い、この第1のレジスト膜43aを基板40上の全面に亘って形成する。一方、第2のレジスト膜43bとして、通常のレジスト材料、例えばAZ6108（クラリアント社製）を用い、この第2のレジスト膜43bを第1のレジスト膜43a上に、上述した下層側の磁気シールド層21に対応した開口部43aを有するように形成する。そして、通常のレジスト膜と同様にブリークし、露光を行った後に、現象を通常よりも長時間に亘って行う。これにより、第2のレジストパターン43は、第2のレジスト膜43bの開口部43aから露出する第1のレジスト膜43aが除去されるとともに、この開口部43aにおいて、第1のレジスト膜43aがこの上に形成された第2のレジスト膜43bよりも後退した形状となる。

【0055】次に、このような第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を用いて、第1の磁性層41をスパッタリング等により形成する。この第1の磁性層41の材料としては、例えばFe/Al/Si（センダスト）や、その他良好な磁性を示し、且つ腐食腐に優れたものであれば、特に限定されるものでない。また、第1の磁性層41は、MRヘッド20の磁気シールドとして機能するために、システムで用いる空気を対峙しなければならない。通常、最悪の2倍以上の厚さが必要となる。ここでは、第1の磁性層41として、センダストを用い、図7及び図8に示す第1の磁性層41の厚さを2.5μmとし、大きさ1mm×1mm×80μmとした。

【0056】次に、第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を、これらレジストパターン42、43上に堆積した第1の磁性層41とともに除去する。これらレジストパターン42、43の剥離には、アセトン又は、NMP（N-メチルピロリドン）等の溶剤を用いられる。

【0057】これにより、基板40上に、図7及び図8に示すような所定の形状とされた下層側の磁気シールド層21となる第1の磁性層41が形成される。

【0058】このように、第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43を、これらに堆積した第1の磁性層41とともに除去し、これらレジストパターン42、43で覆われていない部分のみに第1の磁性層41を形成する手法のことを、一般にリフトオフ法と呼ぶが、このリフトオフ法により形成される第1の磁性層41の端部が明確に分離されるためには、図9に示すような逆テーパ型の第1のレジストパターン42や、図10に示すような2層構造を有する第2のレジストパターン43が必要となる。すなわち、このような形状のレジストパターンを用いることにより、この上に形成される材料が、レジストパターンのエッジ部分にて分断され、この分断された部分からレジストパターンを

除去する溶剤が入り込むことにより、成膜材料の明確なパターンニングが可能となる。

【0059】また、超音波洗浄槽により基板40を振動させながら第1のレジストパターン42又は第2のレジストパターン43の剥離を行うことで、剥離時間を短縮することができる。

【0060】次に、図11及び図12に示すように、この第1の軟磁性膜41上に、フォトレジストを塗布し、硬化させることによりレジスト膜が形成される。そして、フォトリソグラフィ技術を用いて、このレジスト膜を所定の形状にパターンニングすることにより、後述する一対の永久磁石29a、29bに対応した2つの長方形の開口部44a、44bを有する第3のレジストパターン44を形成する。なお、図11は、図7中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図12は、図11中に示す線分Xg-Xg'による概略断面図である。

【0061】次に、この第3のレジストパターン44をマスクとして、イオンエッチング等により第1の軟磁性膜41に対してエッチングを行った後、この第3のレジストパターン44を有底溶剤等により第1の軟磁性膜41上から除去する。これにより、第1の軟磁性膜41の一対の永久磁石29a、29bに对应した位置に、図13及び図14に示すように、上述した下層側の磁気シールド層21の凹部21a、21bとなる凹部41a、41bが形成される。なお、図13は、図7中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図14は、図13中に示す線分Xg-Xg'による概略断面図である。

【0062】次に、図15及び図16に示すように、第1の軟磁性膜41が形成された基板40の全面に亘って、例えばAl₂O₃等からなる第1の非磁性非導電性膜45を成膜した後、この基板40上に形成された第1の軟磁性膜41が露出するまで研磨する。これにより、基板40と第1の軟磁性膜41との間及び凹部41a、41bに第1の非磁性非導電性膜45が埋め込まれ、基板40上の第1の軟磁性膜41が形成されていない部分及び凹部41a、41bとの段差が無くより平坦化される。なお、図16は、図15中に示す線分Xg-Xg'による概略断面図である。

【0063】この第1の非磁性非導電性膜45の膜厚t3は、第1の軟磁性膜41が完全に埋まる必要があるため、第1の軟磁性膜41の膜厚以上の厚みが必要となる。ここでは、例えば5μm程度の厚みで形成される。第1の非磁性非導電性膜45は、Al₂O₃の代わりにSiO₂等を用いてもよく、スパッタ法や蒸着等の任意の方法により形成される。

【0064】また、第1の非磁性非導電性膜45が成膜された面に対する研磨は、ダイヤモンド砥粒で粗く削った後、CMP (Chemical & Mechanical Polishing) で表面を滑らかにし、初めからCMPにより研磨しても

よい。但し、基板40の全面に亘って第1の軟磁性膜41の表面が露出するまで行う必要がある。

【0065】ここで、第1の軟磁性膜41に対して熱処理を施す。この第1の軟磁性膜41に対する熱処理は、第1の軟磁性膜41となる材料に依じた熱処理を施す必要がある。ここでは、第1の軟磁性膜41として、センダストを用いていることから、550℃前後の熱処理温度が必要であり、例えば1時間550℃となるように加熱した後、同温度で1時間保持し、その後、自然冷却させた。なお、第1の軟磁性膜41として、センダスト以外の材料を用いた場合には、その材料に最適な熱処理を施すこととなる。

【0066】次に、図17及び図18に示すように、この平坦化された基板40上に、スパッタリング等により下層側のギャップ層23となる第2の非磁性非導電性膜46を成膜する。なお、図18は、図17中に示す線分Xg-Xg'による概略断面図である。

【0067】この第2の非磁性非導電性膜46の材料としては、絶縁特性や耐摩耗性等の観点から、Al₂O₃が好適である。なお、第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4は、磁気テープ2に記録された信号の周波数に応じて適切な値に設定すればよい。ここでは、第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4を、例えば100nm程度とした。

【0068】次に、図19及び図20に示すように、第2の非磁性非導電性膜46上に、例えばSAL/バイアス方式のMR素子24を構成する膜層（以下、MR素子用膜層という。）47をスパッタリング等により成膜する。なお、図20は、図19中に示す線分X7-X7'による概略断面図である。

【0069】このMR素子用膜層47は、例えば、下層として膜厚約5nmのTa層と、SAL/バイアス層として膜厚約24nmのNiFeNb層と、中間絶縁層として膜厚約5nmのTa層と、MR層として膜厚約20nmのNiFe層と、上層として膜厚約1nmのTa層とが、この順でスパッタリング等により順次積層されることにより形成される。このMR素子用膜層47において、NiFe層が磁気抵抗効果を有する軟磁性膜であり、MR素子24の感磁体となる。また、このMR素子用膜層47においては、NiFeNb層がNiFe層に對してバイアス磁界を印加する、いわゆるSAL膜となる。

【0070】なお、MR素子用膜層47を構成する各層の材料及びその膜厚は、以上の例に限定されるものではなく、MRヘッド20の使用目的等に応じて適切な材料を選択し、適切な膜厚に設定するようにすればよい。

【0071】ここで、図18に示す第2の非磁性非導電性膜46の膜厚t4は、最終的にSi₃N₄に必要なシールド間距離（いわゆる再生ギャップ）をGとしたとき、 $t4 = G/2 - (Ta層の膜厚5nm + NiFeNb層$

の膜厚24nm + Ta層の膜厚5nm + NiFe層の膜厚20nm)/2を算出することにより決定される。これにより、MR素子24が一対の磁気シールド層21、22の間の中心位置に正確に配置されることとなる。

【0072】次に、図21乃至図23に示すように、MR素子24の動作の安定化を図るために、フォトリソグラフィ技術を用いて、MR素子24となる部分に一対の矩形状の永久磁石29a、29bをMR素子用膜層47に埋め込む。また、MR素子24の抵抗値を減少させるために、この一対の永久磁石29a、29b上に、より抵抗値の低い低抵抗膜30a、30bを形成する。

【0073】この一対の永久磁石29a、29bは、例えば長辺方向の長さtが約50μm、短辺方向の長さt1が約10μmとなり、一対の永久磁石29a、29bの間隔t2が約5μmとなるように形成される。そして、これら一対の永久磁石29a、29bの間隔t2が、最終的にMR素子24のトラッキング幅Twとなる。すなわち、MRヘッド20においては、MR素子24のトラッキング幅が約5μmとなる。なお、MR素子24のトラッキング幅Twは、以上の例に限定されるものではない。MRヘッド20の使用目的等に応じて適切な値に設定すればよい。

【0074】また、これら一対の永久磁石29a、29bは、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41上に配置される必要がある。ここでは、これら永久磁石29a、29bの中心位置と、第1の軟磁性膜41のトラッキング幅方向の中心位置とが一致することと、第1の軟磁性膜41の上端部から縦方向に30μm程度離れた位置に配されている。なお、永久磁石29a、29bの配置は、最終的に磁気シールド層21、22として残る部分がMR素子24のデプス方向の幅の5倍程度以上であればよく、以上の例に限定されるものではない。

【0075】具体的に、これら永久磁石29a、29b及び低抵抗膜30a、30bをMR素子用膜層47に埋め込む際は、例えば、先ず、フォトレジストにより、MR素子24となる部分に2つの長方形の開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施すことにより、開口部から露出していたMR素子用膜層47を除去する。なお、ここでのエッチングは、ドライ方式でウェット方式でも構わないが、加工のしやすさを考慮すると、イオンエッチングが好適である。これにより、図24及び図25に示すようなMR素子用膜層47のうち、最終的にMR素子24となる部分47a及び磁気体部31、32となる部分47bが残された状態となる。なお、図24は、図21中に示す囲み部分Cを拡大して示す概略断面図であり、図25は、図24中に示す線分Xg-Xg'による概略断面図である。

【0081】ここで、MR素子24となる部分47aの幅、すなわちMR素子24の幅t8や導体部31a、31bとなる部分47bの長さt9及び幅t10、さらに導体部31a、31bとなる部分47bの間隔t11は、MRヘッド20が用いる環境に依じた最適な値に設定するようにすればよい。ここでは、MR素子24の幅t8を約7μmとした。このMR素子24の幅t8は、媒体層20a側の磁部から他側端までの長さ、すなわちデプス長に相当する。したがって、MR素子24のデプス長は、約7μmとなる。また、導体部31a、31bとなる部分47bのそれぞれの長さt9を約1.5mmと

し、それぞれの幅 t_{10} を約 $80\mu\text{m}$ とし、それぞれの間隔 t_{11} を約 $40\mu\text{m}$ とした。

【0082】次に、図2.6及び図2.7に示すように、フオトリングラフイ技術を用いて、導体部31a、31bを形成する。なお、図2.6は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図2.7は、図2.6中に示す線分 $X_{10}-X_{10}'$ による縦断面図である。

【0083】具体的には、まず、フオトレジストにより、導体部31a、31bとなる部分47bに開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施して、開口部に露出している部分、すなわち導体部31a、31bとなる部分47bに露出していたMR素子用薄膜4を除去する。次に、フオトレジストのマスクをそのまま残した状態でその上に導電膜を成膜する。ここで、導電膜は、例えば膜厚 10nm のTi膜、膜厚 90nm のCu膜、膜厚 10nm のTi膜がこの順でスパッタリング等により順次積層されることにより形成される。その後、マスクとなっていたフオトレジストを、このフオトレジスト上に成膜された導電膜とともに除去することにより、導体部31a、31bが形成される。

【0084】次に、図2.8及び図2.9に示すように、スパッタリング等により上層側のキャップ層23となる第3の非磁性性非導電性膜48を成膜する。なお、図2.8は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図2.9は、図2.8中に示す線分 $X_{11}-X_{11}'$ による縦断面図である。

【0085】この第3の非磁性性非導電性膜48の材料としては、絶縁性や耐腐食性等の観点から Al_2O_3 が好適である。また、この第3の非磁性性非導電性膜48の膜厚 t_{12} は、磁気記録媒体に記録された信号の周波数等に応じて適切な値に設定すればよく、ここでは、 120nm とした。

【0086】また、この第3の非磁性性非導電性膜48の膜厚 t_{12} は、最終的にシステムに必要なシールド間距離(いわゆる再生ギャップ)を G としたとき、 $t_{12}=G/(2-(\text{NiFe層の膜厚}20\text{nm}/2+\text{Ta層の膜厚}1\text{nm}))$ を算出することにより決定される。これにより、MR素子24が一对の磁気シールド層21、22の間の中心位置に正確に配置されることとなる。

【0087】次に、図3.0及び図3.1に示すように、第3の非磁性性非導電性膜48上に、上層側の磁気シールド層22となる第2の軟磁性膜49をリフトオフ法により形成する。なお、図3.0は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.1は、図3.0中に示す線分 $X_{12}-X_{12}'$ による縦断面図である。

【0088】具体的には、まず、図3.2及び図3.3に示すように、第3の非磁性性非導電性膜48上に、上層側の磁気シールド層21に対向した開口部50aを有する第4のレジストパターン51を形成する。なお、図3.2は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図である。

タリング等により成膜する。第2の軟磁性膜49の材料としては、すでにMR素子24が形成されていることから、上述した第1の軟磁性膜41に対して行われた高温度での熱処理を行うことができず、自ずと制限がある。このため、第2の軟磁性膜49としては、MR素子24の耐熱温度である 350°C 以下での熱処理を施すことにより軟磁性を示す材料、或いは熱処理を施すことなく軟磁性を示す材料を用いる必要がある。

【0095】ここでは、第2の軟磁性膜49として、Co系のアモルファス材料を用いた。具体的に、Co系のアモルファス材料として、例えば CoZrNbTa を用いた場合には、 Co 、 Zr 、 Nb 、 Ta の組成比を、それぞれa、b、c、d (a、b、c、dはそれぞれ原子%)としたとき、 $68\leq a\leq 90$ 、 $0\leq b\leq 10$ 、 $0\leq c\leq 20$ 、 $0\leq d\leq 10$ ($a+b+c+d=100$ 原子%)の範囲にて優れた軟磁性特性を得ることができ、特に、 $79\leq a\leq 83$ 、 $2\leq b\leq 6$ 、 $10\leq c\leq 14$ 、 $1\leq d\leq 5$ ($a+b+c+d=100$ 原子%)の範囲にて優れた耐熱性耐腐食性を得ることができ。

【0096】これにより、図3.2.20における媒体移動面20aの腐蝕の発生を減少させることができ、スピンギャップを減少させ、高い再生出力を維持するとともに、ヘッドの寿命を延ばすことができる。なお、これらの組成以外の組合せとしては、Taの代わりにMo、Cr、Ti、Hf、Pd、W、V等やそれらの組合せが考えられる。

【0097】また、第2の軟磁性膜49は、MRヘッド20の磁気シールド層として機能するために、システムで用いる全波長に対応しなければならず、通常、最長波長の2倍以上の膜厚が必要となる。ここでは、第2の軟磁性膜49の厚みを $3\mu\text{m}$ 程度とした。なお、アモルファス磁性膜の特性を安定させるために、第2の軟磁性膜49の下地にCr等を数nm程度増量させた方が好ましい。

【0098】次に、第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51を、これらレジストパターン50、51上に堆積した第2の軟磁性膜49とともに除去する。これらレジストパターン50、51の剥離には、アセトン又は、NMP (N-メチルピロリドン)等の溶剤を用いられる。

【0099】これにより、第3の非磁性性非導電性膜48上に、図3.0及び図3.1に示すような所定の形状とされた上層側の磁気シールド層22となる第2の軟磁性膜49が形成される。

【0100】このように、第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51を、この上に堆積した第2の軟磁性膜49とともに除去し、これらレジストパターン50、51で覆われていない部分のみに第2の軟磁性膜49を形成する手法のことを、上述したようにリフトオフ法と呼ぶが、このリフトオフ法により形成され

る第2の軟磁性膜49の端部が明確に分断されるために、図3.3に示すような逆テーパー型の第4のレジストパターン50や、図3.5に示すような2層構造を有する第5のレジストパターン51が必要となる。すなわち、このような形状のレジストパターンを用いることにより、この上に成膜される材料が、レジストパターンのエッジ部分にて分断され、この分断された部分からレジストパターンを除去する溶剤が入り込むことにより、成膜材料の明確なパターンニングが可能となる。

【0101】また、超音波洗浄槽により基板40を回転させながら第4のレジストパターン50又は第5のレジストパターン51の剥離を行うことで、剥離時間を短縮することができる。

【0102】次に、図3.6及び図3.7に示すように、フオトリングラフイ技術を用いて、MRヘッド20の外部接続用端子32a、32bを導体部31a、31bの端部に形成する。なお、図3.6は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.7は、図3.6中に示す線分 $X_{15}-X_{15}'$ による縦断面図である。

【0103】具体的には、まず、フオトレジストにより、外部接続用端子32a、32bとなる部分に開口部を有するマスクを形成する。次に、エッチングを施すことにより、開口部に露出している部分、すなわち外部接続用端子32a、32bとなる部分の第2の非磁性性非導電性膜48を除去して、これら導体部31a、31bの端部に露出させる。次に、フオトレジストのマスクをそのまま残した状態で、導電膜を成膜する。ここで、導電膜は、例えば、硫酸銅溶液を用いた電解鍍金により、Cuを $6\mu\text{m}$ 程度の膜厚となるように形成する。この導電膜の形成方法は、他の膜に影響を与えないものであれば、電鍍鍍金以外の方法であってもよい。その後、マスクとなっていたフオトレジストを、このフオトレジスト上に成膜された導電膜とともに除去する。これにより、導体部31a、31bの端部に外部接続用端子32a、32bが形成される。

【0104】なお、この外部接続用端子32a、32bの長さ t_{13} は、例えば $50\mu\text{m}$ 程度として形成する。また、この外部接続用端子32a、32bの幅 t_{14} は、導体部31a、31bの幅 t_{10} と同じであり、例えば $80\mu\text{m}$ 程度とされる。

【0105】次に、図3.8及び図3.9に示すように、MRヘッド20全体を外部と遮断するために、全面に対して保護膜33を成膜する。なお、図3.8は、図2.1中に示す囲み部分Cを拡大して示す縦断面図であり、図3.9は、図3.8中に示す線分 $X_{16}-X_{16}'$ による縦断面図である。

【0106】具体的には、例えば、スパッタリングによって Al_2O_3 を $4\mu\text{m}$ 程度の膜厚となるように形成する。なお、この保護膜33の材料としては、非磁性性非導電性膜48の膜厚 t_{12} を約 120nm としたとき、 $t_{12}=G/(2-(\text{NiFe層の膜厚}20\text{nm}/2+\text{Ta層の膜厚}1\text{nm}))$ を算出することにより決定される。これにより、MR素子24が一对の磁気シールド層21、22の間の中心位置に正確に配置されることとなる。

電性の材料であればA12O₃以外も使用可能であるが、耐環境性や耐摩耗性を考慮すると、A12O₃が好適である。また、この保護膜33は、スパッタリング法以外の方法によって形成してもよく、例えば、蒸着法等によって形成してもよい。

【0107】次に、外部接続用端子32a、32bが露出するまで、全面に形成した保護膜33を研磨する。この研磨工程においては、例えば、粒径が約2μmのダイヤモンド砥粒によって、外部接続用端子32a、32bの表面が露出するまで研磨する。そして、シリコン砥粒によってパッド研磨を施して、表面を鏡面状態に仕上げる。これにより、最終的にMRヘッド20となる多数のヘッド素子が形成された基板40が得られる。

【0108】次に、図40に示すように、MRヘッド20となる多数のヘッド素子52が形成された基板40を0となる多数のヘッド素子52が形成された基板40を短冊状に切り分けることにより、横方向にヘッド素子52が並ぶヘッドブロック53を形成する。ここで、横方向にヘッド素子52の数は、生産性を考慮するとできる限り多い方がよい。図40においては、簡略化のために、ヘッド素子52が5個並ぶヘッドブロック53を明示しているが、実際には、これ以上のヘッド素子52が並ぶようにしても構わない。また、本実施の形態においては、ヘッドブロック52の幅w1は2mmとしている。

【0109】次に、図41に示すように、ヘッドブロック53上に、MRヘッド20の第2の基板26となる、例えば厚さ1μmが約0.7mm程度のガード部材54を貼り付ける。このガード部材54には、多結晶フェライト等が用いられる。このガード部材54の貼り付け方は、例えば樹脂系等の接着剤が用いられる。このとき、ガード部材54の高さh19をヘッドブロック53の高さよりも低くして、ヘッドブロック54に形成された外部接続用端子32a、32bを外部に露出させる。これにより、外部接続用端子32a、32bは、外部と電気的に接続することが可能となる。

【0110】次に、図42に示すように、MRヘッド20の媒体保護面20aとなる面に対して円筒研磨加工を施し、この面を円筒状に形成する。具体的には、MR素子24の前端が媒体保護面20aとなる露出すると共に、このMR素子24のデプス長が所定の長さとなるまでMR研磨加工を行う。これにより、図42に示すようなMRヘッド20の媒体保護面20aとなる面が円筒状の曲面体積加工面20aとなる面が形成される。この円筒研磨加工によって形成される曲面体積加工面20aとなる面の曲面形状は、テーパ形状等に応じて最適な形状とすればよく、特に限定されるものではない。

【0111】次に、図43に示すように、ガード部材54が接合されたヘッドブロック53を各ヘッド素子52毎に、システムで要求されるアジマス角θ1に応じた切断線D-D'に沿って分類する。これにより、図3に示す

ような個々のMRヘッド20が多数得られる。

【0112】以上のように作製されたMRヘッド20を使用する際は、このMRヘッド20をチップペーセスに貼り付けるとともに、外部接続用端子32a、32bがチップペーセスに設けられた端子と電気的に接続される。そして、このMRヘッド20は、ヘッドチップに取り付けられた状態で図2に示すような回転部1a6に取り付けられ、再生ヘッド8a、8bとして用いられる。

【0113】以上のように、本発明で適用して作製されるMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石膜29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石膜29a、29bとの間の距離d2とを略等しくすることができる。また、下層側の磁気シールド層21のMR素子24と対向する側の面形状と、上層側の磁気シールド層22のMR素子24と対向する側の面形状とが互いに略対称な形状とすることができる。

【0114】この場合、一対の永久磁石膜29a、29bから流れる磁束の流れを略均一化することができる。また、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界をMR素子24及びSAL膜に適切に印加することができる。

【0115】これにより、このMRヘッド20では、バルクハウゼンノイズ（以下、BHNという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。また、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界を安定したものとしたり、出力波形の非対称性（アシメントリー）を緩和することができる。また、安定した出力波形を得ることができる。

【0116】なお、このMRヘッド20では、一対の永久磁石膜29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が、MR素子24と一対の磁気シールド層21、22との間隔a1、a2よりも大とされている。

【0117】これにより、このMRヘッド20では、一対の磁気シールド層21、22における磁界変動の影響がMR素子24へ伝播されるのを防ぐことができ、出力の安定化を図ることができる。

【0118】また、このMRヘッド20では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石膜29a、29bとの間隔が従来よりも広くなることから、この一対の永久磁石膜29a、29bの磁束が、下層側の磁気シールド層21へと流れしまわうのを防ぐことができる。

【0119】このように、本手法では、下層側の磁気シールド層21となる第1の軟磁性膜41に、上述した凹部41a、41bを形成することにより、一対の永久磁

石膜29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が略等しくされたMRヘッド20を容易に作製することができる。これにより、歩留りの向上した高品質なMRヘッド20を大量に製造することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【0120】ここで、従来のように、下層側の磁気シールド層21にこのような凹部21a、21bを設けて作製されたMRヘッド（以下、本発明ヘッド）について、これら作製されたヘッドの中から、それぞれ抽出された50個のヘッドのうち、BHNが発生したヘッドの割合を示すグラフを図44に示す。なお、図44に示すグラフのうち、(a)は、従来のヘッドにおけるBHNの発生率を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるBHNの発生率を示す。

【0121】これら図44に示すグラフ(a)、(b)から、本発明ヘッドの場合には、従来のヘッドの場合と比較して、BHNの発生率が大幅に減少することがわかる。これは、一対の永久磁石膜29a、29bによる水平方向のバイアス磁界がMR素子24に適切に印加され、このMR素子24の動作の安定化が図れていることを示している。

【0122】また、これら従来のヘッド及び本発明ヘッドについて、出力波形の非対称性、いわゆるアシメントリー（以下、A_{sym}という。）の分布の割合を示すグラフを図45に示す。なお、図45に示すグラフのうち、(a)は、従来のヘッドにおけるA_{sym}の分布の割合を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるA_{sym}の分布の割合を示す。また、図45において、aは、A_{sym}が10%以下である場合、bは、A_{sym}が20%以下である場合、cは、A_{sym}が30%以下である場合を示す。また、dは、BHNの発生率を示しているが、ここで発生するBHNは、これらの作製時に発生した磁束の発生に起因するものであり、従来のヘッド及び本発明ヘッドは、ともに14%の作製不良が生じたことを示している。

【0123】これら図45に示すグラフ(a)、(b)から、本発明ヘッドでは、A_{sym}の分布が少なく、安定した出力波形が得られることがわかる。これは、作製上、何れのヘッドも各構成要素の膜厚分布に多少のばらつきが生ずるものの、従来のヘッドの場合、そのような膜厚分布のばらつきが顕著に現れ、非対称性の原因となってしまうのに対して、本発明ヘッドの場合、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界が他の影響を及ぼさなく、そのような膜厚分布に多少のばらつきが生じたとしても、MR素子に隣接するSAL膜から、適切なバイアス磁界が印加されていることを示している。

【0124】次に、本発明を適用したMRヘッドの他の構成例として、図46に示すMRヘッド60について説

明する。なお、図46は、このMRヘッド60を媒体駆動面側から見た概略端面図である。また、以下の説明において、上述したMRヘッド20と同等な部位については説明を省略するとともに、図面において同じ符号を付すものとする。

【0125】このMRヘッドマージ型ヘッド70は、一対の永久磁石膜29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2とを略等しくするために、ギャップ層23のうち、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されている。

【0126】すなわち、このMRヘッド60では、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されることにより、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石膜29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石膜29a、29bとの間の距離d2とが略等しい間隔とされている。

【0127】これにより、このMRヘッド60では、一対の永久磁石膜29a、29bから流れる磁束の流れを略均一化することができる。また、一対の永久磁石膜29a、29bによる水平方向のバイアス磁界をMR素子24に適切に印加することができる。したがって、このMRヘッド60では、上述したMRヘッド20と同様に、バルクハウゼンノイズ（以下、BHNという。）を減少させることができ、MR素子24の動作の安定化を図ることができる。

【0128】また、この一対の永久磁石膜29a、29bによる水平方向のバイアス磁界は、例えばMR素子24に対して垂直方向のバイアス磁界を印加するSAL膜にも影響を及ぼしており、このSAL膜に印加される水平方向のバイアス磁界も略均一化されることから、SAL膜のバイアス設計、すなわちSAL膜の膜厚の設計も単純化することができる。したがって、このMRヘッド20では、上述したMRヘッド20と同様に、SAL膜による垂直方向のバイアス磁界も安定したものとなり、出力波形の非対称性（アシメントリー）を緩和することができ、安定した出力波形を得ることができる。

【0129】また、このMRヘッド60では、上層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されることにより、この上に形成される上層側の磁気シールド層22も平坦化することができる。これにより、このMRヘッド60では、上層側の磁気シールド層22の磁気特性が向上すると共に、不均一な磁区の原因を抑制することができる。

【0130】次に、図47に示すような上層側のギャップ層23となる第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化する方法について説明する。なお、MRヘッド60の製造方法については、この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化する方法以外は、上述したMRヘッド20の製造方法と同様なことから、詳細な説明を省略するものとする。

【0131】この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化する際は、先ず、第3の非磁性非導電性膜48の成膜時において、計算で求められる最終的な層側のギャップ層23の厚みに加えて、この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化するための研磨量を考慮した厚みとする必要がある。

【0132】すなわち、第3の非磁性非導電性膜48に対する研磨量は、上述した低抵抗化膜30a、30bの厚み以上とする必要であり、これ以下であると、所望の厚みとなるまで第3の非磁性非導電性膜48を研磨した際に、この第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを完全に平坦化することができなくなる。また、低抵抗化膜30a、30bよりもさらに研磨を増加させるのは、研磨後の膜厚分布を考慮したためであり、この層は使用する装置によるものの任意である。ここでは、図47に示す第3の非磁性非導電性膜48の厚み120は、最終的な層側のギャップ層23の厚みに、80nm程度の研磨量を加えた厚みとした。

【0133】次に、第3の非磁性非導電性膜48の上面48aに対して平坦化のための研磨加工を施す。この研磨加工は、機械研磨や化学的研磨（パフ研磨）等を用いることができるが、表面性を考慮すると、化学的研磨が望ましい。これにより、図48に示すように、第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【0134】このように、本手法では、第3の非磁性非導電性膜48の上面48aを平坦化することにより、一対の永久磁石29a、29bと一対の磁気シールド層21、22との間隔d1、d2が略等しくされたMRヘッド60を容易に作製することができる。これにより、歩留りの向上した高品質のMRヘッド60を大量に製造することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【0135】ここで、例えば図46に示すような層側のギャップ層23の上面23aが平坦化されたMRヘッドを用いて、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2との距離差d2-d1を変化させた際に、この距離差d2-d1とアシントリーの変動との関係を測定した結果を図49に示す。なお、ここでは、48層の各MRヘッドについて、距離の差d2-d1を変化させた際のアシントリーの変動を測定した。なお、一対の磁気シールド層21、22の間におけるMR素子24の配置については、変更しないものとする。

【0136】図49の測定結果から、距離差d2-d1が20nm以上となると、各MRヘッド間におけるアシントリーの変動のばらつきが小さくなり、現状のシステムにて許容されている±15%のアシントリーの変動を超えてしまうことがわかる。一方、距離差d2-d1

を20nm以上とすれば、このアシントリーの変動が比較的安定することがわかる。

【0137】以上のことから、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2との差d2-d1の許容範囲としては、20nm以下とすることが望ましい。

【0138】**【発明の効果】**以上詳細に説明したように、本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドでは、一対の永久磁石と一対の磁気シールド層との間隔が略等しくされていることから、一対の永久磁石と一対の磁気シールド層との間隔を磁気抵抗効果素子に適切に印加することができ、この磁気抵抗効果素子の動作の安定化を図ることができる。また、出力波の非対称性を緩和することができ、安定した出力波を導くことができる。

【0139】また、本発明に係る磁気抵抗効果型磁気ヘッドの製造方法では、下層側の磁気シールド層の一対の永久磁石に対して位置に凹部を形成する、或いは、上層側のギャップ層の上面を平坦化することにより、一対の永久磁石と一対の磁気シールド層との間隔が略等しくされた磁気抵抗効果型磁気ヘッドを容易に作製することができ、これにより、歩留りの向上した高品質の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを大量に製造することができ、生産性を大幅に向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】磁気テープ装置の一例を示す概略平面図である。
 【図2】磁気ヘッド装置の構成を示す概略斜視図である。
 【図3】本発明を適用したMRヘッドの構成を示す概略斜視図である。
 【図4】上記MRヘッドを媒体駆動側から見た概略端面図である。
 【図5】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、下層側の磁気シールド層21と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d1と、上層側の磁気シールド層22と一対の永久磁石29a、29bとの間の距離d2との距離差d2-d1を測定した際の、この距離差d2-d1とアシントリーの変動との関係を測定した結果を図49に示す。なお、ここでは、48層の各MRヘッドについて、距離の差d2-d1を変化させた際のアシントリーの変動を測定した。なお、一対の磁気シールド層21、22の間におけるMR素子24の配置については、変更しないものとする。
 【図9】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、基板の上に逆テーパー型の第1のレジストパターンが形成された状態を示す要部断面図である。
 【図10】上記MRヘッドの製造工程を説明するための

図であり、基板上に2層構造を有する第2のレジストパターンが形成された状態を示す要部断面図である。

【図11】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第1の軟磁性膜上に第3のレジストパターンが形成された状態を示す概略平面図である。

【図12】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図11中に示す線分X3-X3'による概略断面図である。

【図13】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第1の軟磁性膜の一対の永久磁石膜に対応した位置に凹部が形成された状態を示す概略平面図である。

【図14】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図13中に示す線分X4-X4'による概略断面図である。

【図15】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、基板と第1の軟磁性膜との間及び凹部に第1の非磁性非導電性膜が埋め込まれた状態を示す概略平面図である。

【図16】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図15中に示す線分X5-X5'による概略断面図である。

【図17】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、平坦化された基板上に第2の非磁性非導電性膜が形成された状態を示す概略平面図である。

【図18】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図17中に示す線分X6-X6'による概略断面図である。

【図19】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第2の非磁性非導電性膜上にMR素子用薄膜が形成された状態を示す概略平面図である。

【図20】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図19中に示す線分X7-X7'による概略断面図である。

【図21】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、一対の永久磁石膜及び低抵抗化膜がMR素子用薄膜に埋め込まれた状態を示す概略平面図である。

【図22】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図21中に示す面部分Cを拡大して示す概略平面図である。

【図23】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図22中に示す線分X8-X8'による概略断面図である。

【図24】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、MR素子となる部分及び導体部となる部分以外のMR素子用薄膜が除去された状態を示す概略平面図である。

【図25】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図24中に示す線分X9-X9'による概略断面図である。

【図26】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、導体部が形成された状態を示す概略平面図である。

【図27】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図26中に示す線分X10-X10'による概略断面図である。

【図28】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜が形成された状態を示す概略平面図である。

【図29】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図28中に示す線分X11-X11'による概略断面図である。

【図30】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜上に第2の軟磁性膜が形成された状態を示す概略平面図である。

【図31】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図30中に示す線分X12-X12'による概略断面図である。

【図32】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜上に逆テーパー型の第4のレジストパターンが形成された状態を示す概略平面図である。

【図33】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図32中に示す線分X13-X13'による概略断面図である。

【図34】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜上に2層構造を有する第5のレジストパターンが形成された状態を示す概略平面図である。

【図35】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図34中に示す線分X14-X14'による概略断面図である。

【図36】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、導体部の端部に外部接続用端子が形成された状態を示す概略平面図である。

【図37】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図36中に示す線分X15-X15'による概略断面図である。

【図38】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、保護膜を形成した状態を示す概略平面図である。

【図39】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、図38中に示す線分X16-X16'による概略断面図である。

【図40】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、多数のヘッド素子が横方向に並ぶように切断されたヘッドブロックを示す概略平面図である。

【図41】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、ヘッドブロックにガード部材が貼り付けられた状態を示す概略斜視図である。

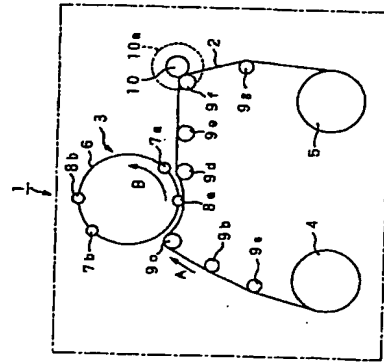
【図42】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、MRヘッドの媒体移動面となる面に対して円研削加工が施された状態を示す概略斜視図である。

【図43】上記MRヘッドの製造工程を説明するための図であり、ガード部材が接合されたヘッドブロックを個々のMRヘッドに分割する状態を示す概略平面図である。

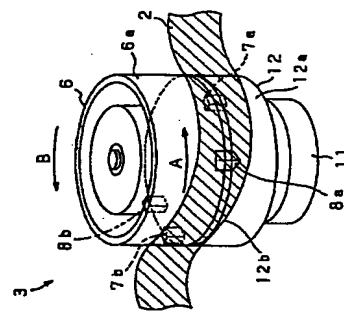
【図44】バルクハウゼンノイズが発生したヘッドの割合を示すグラフであり、(a)は、従来ヘッドにおけるノイズの発生率を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるノイズの発生率を示す。

【図45】アシンメトリの分布の割合を示すグラフであり、(a)は、従来ヘッドにおけるアシンメトリの分布の割合を示し、(b)は、本発明ヘッドにおけるア

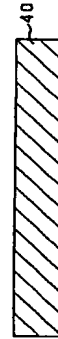
【図1】



【図2】

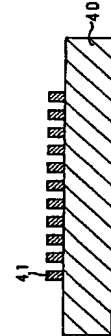


【図6】



X1-X1' 断面図

【図8】



X2-X2' 断面図

シンメトリの分布の割合を示す。

【図46】本発明を適用した他のMRヘッドを媒体移動面側から見た概略断面図である。

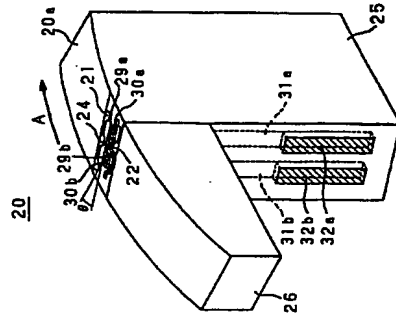
【図47】上記他のMRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜の上面を平坦化する前の状態を示す概略断面図である。

【図48】上記他のMRヘッドの製造工程を説明するための図であり、第3の非磁性非導電性膜の上面が平坦化された状態を示す概略断面図である。

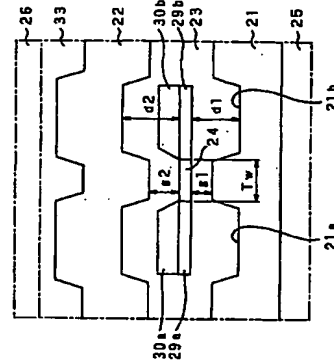
【図49】距離差d2-d1とアシンメトリの変動との関係を示す特性図である。

【図50】従来のMRヘッドを媒体移動面側から見た概略断面図である。

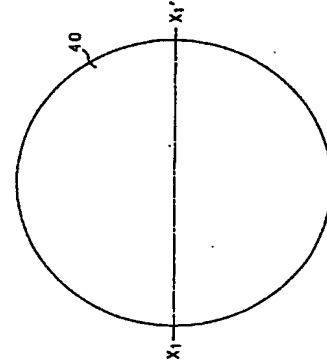
【図3】



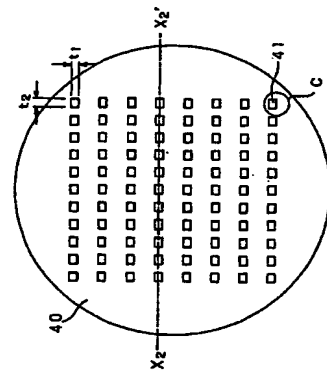
【図4】



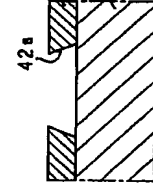
【図5】



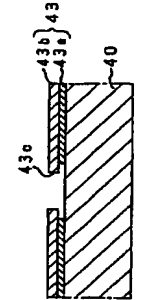
【図7】



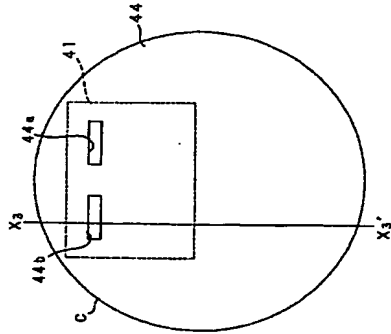
【図9】



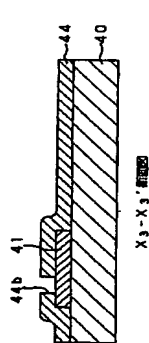
【図10】



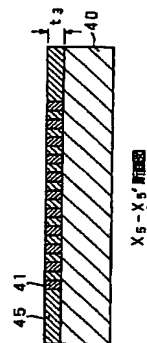
【図11】



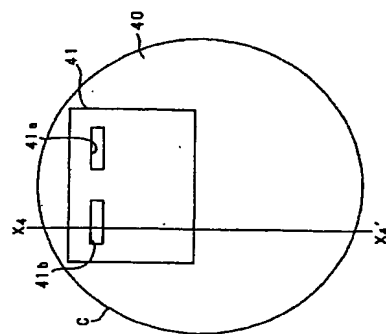
【図12】



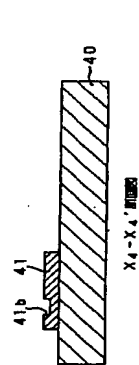
【図16】



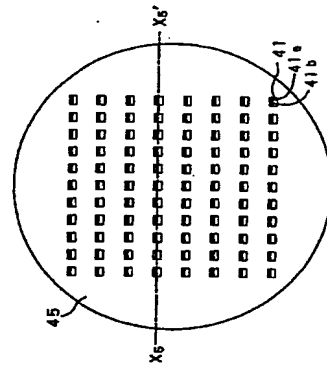
【図13】



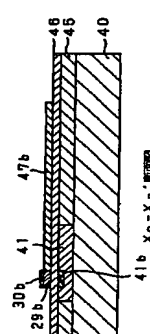
【図14】



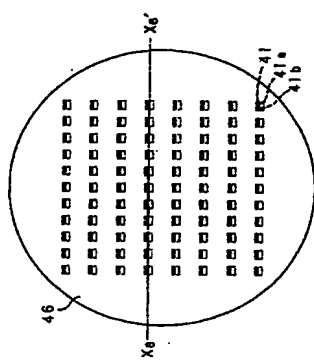
【図15】



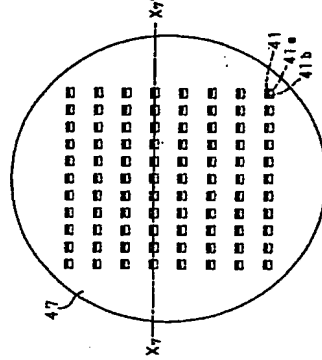
【図25】



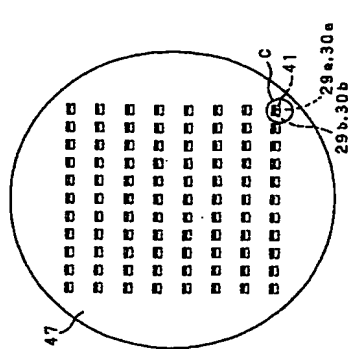
【図17】



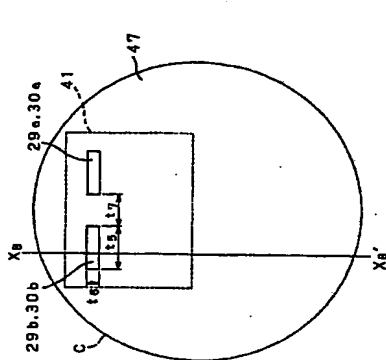
【図19】



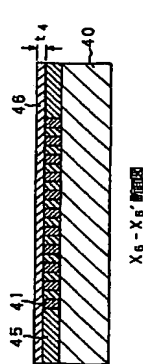
【図21】



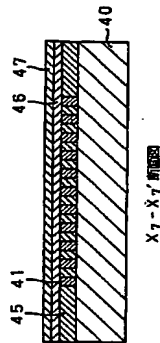
【図22】



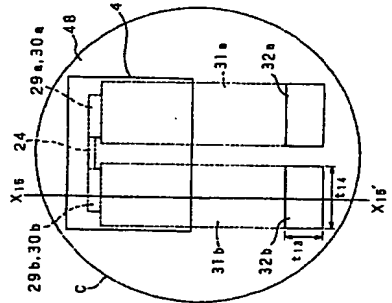
【図18】



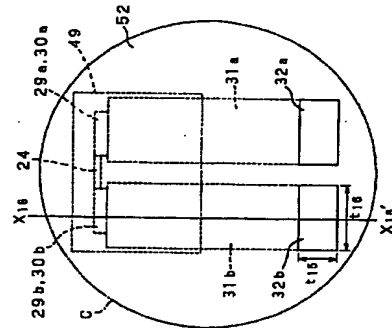
【図20】



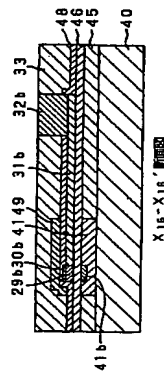
【図36】



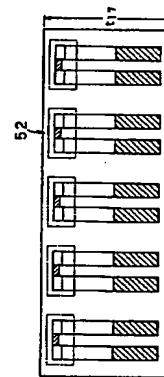
【図38】



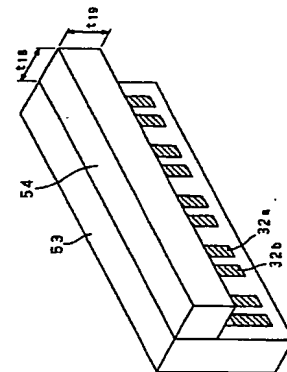
【図39】



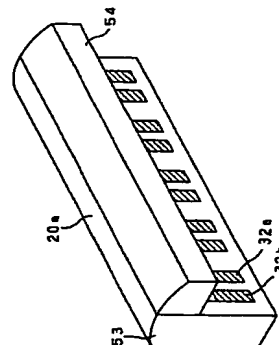
【図40】



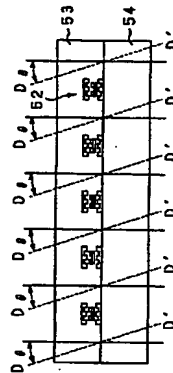
【図41】



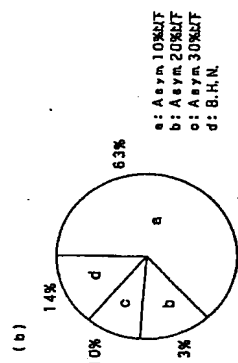
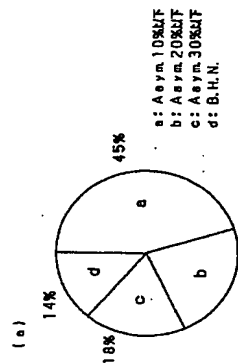
【図42】



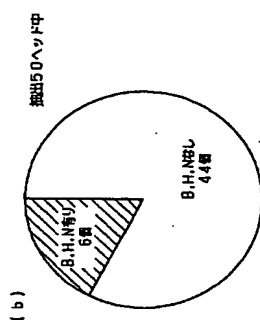
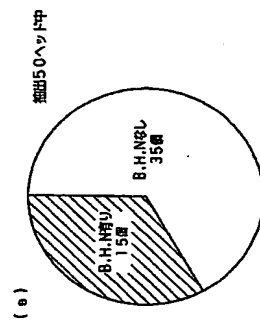
【図43】



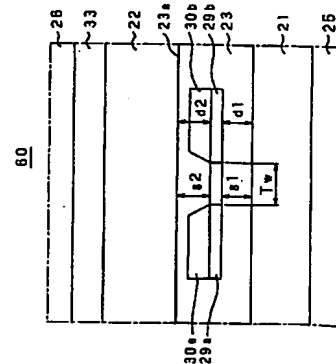
【図45】



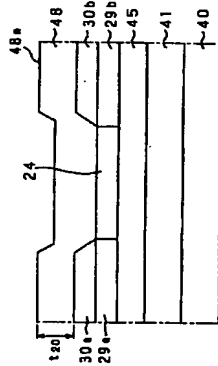
【図44】



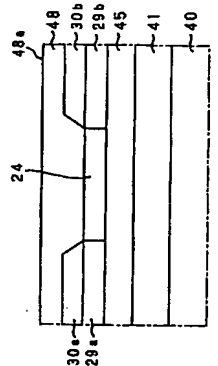
【図46】



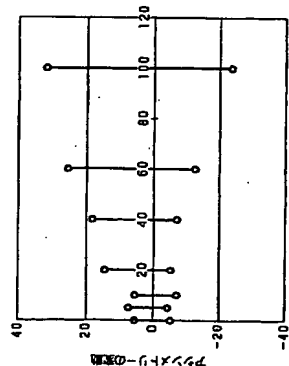
【図47】



【図48】



【図49】



【図50】

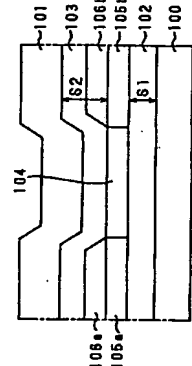


図49 n2-d1 (nm)